Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut
der Universität Göttingen

Pflanzenphysiologische Wirkungen des systemischen Insektizids Pyrolan (1-Phenyl-3-methyl-pyrazolyl-(5)-dimethylcarbamat) auf Coleus blumei Benth. in Stecklingskultur

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch- Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Georg-August-Universität

zu Göttingen

vorgelegt von

Dieter Strauß

aus Chemnitz

Göttingen ~~1965~~
1964

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut
der Universität Göttingen

Pflanzenphysiologische Wirkungen des systemischen Insektizids Pyrolan (1-Phenyl-3-methyl-pyrazolyl-(5)-dimethylcarbamat) auf Coleus blumei Benth. in Stecklingskultur

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch- Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt von
Dieter Strauß
aus Chemnitz

Göttingen ~~1965~~
1964

D 7

Referent : Prof. Dr. A. Pirson

Korreferent: Prof. Dr. W. H. Fuchs

Tag der mündlichen Prüfung: 11.12.1964

Inhaltsverzeichnis

A. E i n l e i t u n g
Überblick und Problemstellung

B. M e t h o d i s c h e r T e i l
1. Kulturmethoden
a. Anzucht der Versuchspflanzen
b. Vorversuche zur Ermittlung einer geeigneten Versuchsanstellung
c. Versuchsansätze
2. Insektizidbehandlung
3. Nachweis des Insektizides mittels Biotest
4. Analysenmethoden
a. Kohlenhydrate
b. Stärke
c. Stickstoff
d. Chlorophyll
e. Phosphate
f. Nucleinsäuren
g. Bezugsgröße

C. V e r s u c h s t e i l

1. Pyrolan-Konzentration 1 x 10^{-2} %
a. Einwirkungsdauer über 2 Tage
b. Einwirkungsdauer über 5,7 und 10 Tage
c. Rücksetzversuch über 10 Tage
d. Einwirkungsdauer über 30 Tage
e. Wachstumsmessungen

2. Pyrolan-Konzentration 3 x 10^{-2} %
   a. Einwirkungsdauer über 2 Tage
   b. Rücksetzversuch über 3 Tage

3. Pyrolan-Konzentration 3 x 10^{-3} %
   a. Einwirkungsdauer über 2 Tage
   b. Rücksetzversuch über 5 Tage
   c. Wachstumsmessungen

D. Diskussion

E. Zusammenfassung

F. Literaturverzeichnis

R.UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A. Einleitung

Mit der vermehrten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Kulturpflanzenbau tauchte auch die Frage ihrer Phytotoxizität auf. Die meisten modernen Insektizide sind, im Gegensatz zu Herbiziden und Fungiziden, in erster Linie auf eine spezifische Wirkung im tierischen Organismus abgestimmt. Die Erfahrung zeigte jedoch, dass auch die Insektizide in Stoffwechselvorgänge der Pflanze eingreifen können.

Zur Beurteilung der pflanzenphysiologischen Wirkung eines Insektizides ist es wichtig, ob dieses fast ausschließlich an der Oberfläche der Pflanze lokalisiert bleibt, wie etwa DDT, oder ob es in die Pflanze eindringt und im Leitungssystem der Pflanze transportiert wird (Martin 1947). Die zuletzt genannten systemischen Mittel sind pflanzenphysiologisch von besonderem Interesse, da sie auf Grund ihrer Leitung in der Pflanze weitreichendere Wirkungen entfalten könnten.

Die größte Gruppe unter den systemischen Insektiziden stellen die Phosphorsäure-Ester (Schrader 1963). Ihre Wirkung auf den tierischen Organismus beruht auf der Hemmung der Cholinesterase (O'Brien 1960). Eine ähnliche Wirkung üben die Carbaminsäure-Ester aus, eine andere Gruppe systemischer Insektizide, die zum Teil als besonders gute und dauerhafte Mittel mit verhältnismäßig geringer Warmblütertoxizität im Gebrauch sind (Wiesmann et al. 1951, Gasser 1952, Gysin 1954).

Untersuchungen über den Verbleib von Insektiziden in der Pflanze haben ergeben, dass die Pflanze die chemische Struktur des Insektizides verändern kann; somit beeinflussen die applizierten Substanzen nicht nur den pflanzlichen Stoffwechsel (Hacskaylo 1957, Forsyth & Samborski 1958 u.a.), sondern werden auch durch diesen verändert.

Untersuchungen hierüber liegen besonders für die Phosphorsäure-Ester und die chlorierten Kohlenwasserstoffe vor (siehe Lit. bei Eder 1963). Bei den insektiziden Carbamaten ist in dieser Beziehung kaum etwas bekannt (Casida 1963).

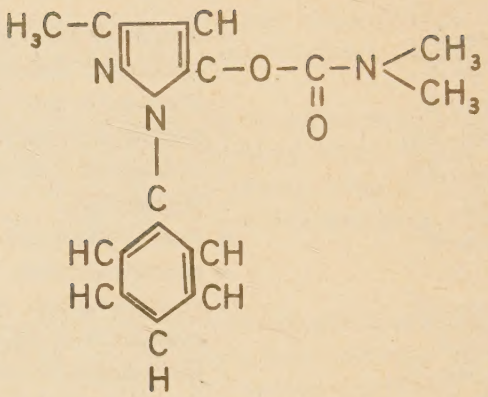
Bei den einfachen Carbamaten wurde schon früh eine narkotische Wirkung festgestellt (Warburg 1919); diese wurde in der Folge besonders für die Atmung (Bonner 1936), die Keimung (Friesen 1929) und das Wurzelwachstum (Lefèvre 1939) erörtert.

Die ersten Untersuchungen über den Einfluß systemischer Carbaminsäure-Ester auf pflanzenphysiologische Vorgänge haben Wiesmann et al. (1951) und Gasser (1952) an Elodea durchgeführt. Sie stellten eine Hemmung der Photosynthese durch "Dimetan" fest. Die Atmung wurde kaum oder nur schwach beeinflußt (vergl. Eder 1963). Beye (1960 a) hingegen erzielte bei der Prüfung der Carbaminsäure-Ester "Dimetan", "Isolan" und "Pyrolan" selbst bei schwächerer Konzentration eine Atmungshemmung, wobei "Pyrolan" am stärksten wirkte.

Unsere Untersuchungen haben eine Klärung der Wirkung eines Carbaminsäure-Esters auf die höhere Pflanze zum Ziele. Die größere Stabilität von "Pyrolan" im Vergleich mit anderen Carbamaten (Casida, Augustinsson, Jonsson 1960, Casida 1963) und die Tatsache, dass "Pyrolan" nachhaltiger in pflanzenphysiologische Vorgänge eingreift als"Isolan" (Beye 1960 a), veranlaßten uns, gerade dieses Insektizid für die vorliegenden Versuche auszuwählen. Als Kriterien für die phytopathologische Wirkung wurde die Zusammensetzung der wichtigsten Zellfraktionen der Blätter (da hier die stärkste Kontaktwirkung vorliegt, vergl. Beye 1961 d), sowie das Wachstum der Sprosse angesehen. Die leicht zu kultivierende Ziernessel Coleus blumei (Gartenform) wurde als Versuchsobjekt gewählt.

Folgende Abkürzungen werden im Text verwendet:

Ges.-N	= Gesamt-Stickstoff
lösl.N	= löslicher Stickstoff
Eiw.-N	= Eiweiß-Stickstoff
Ges.-KH.	= Gesamt-Kohlenhydrat
lösl.KH.	= lösliches Kohlenhydrat
Chl	= Chlorophyll
Ges.-P	= Gesamt-Phosphat
sl.P	= säurelösliches Phosphat
anorg.P	= anorganisches Phosphat
org.P	= organisches Phosphat
s.unl.P	= säureunlösliches Phosphat
TG.	= Trockengewicht
NL.	= Nährlösung
Pyr.	= "Pyrolan"
TES	= Trichloressigsäure



1-Phenyl-3-methyl-pyrazolyl-(5)-
dimethylcarbamat = "Pyrolan"

Farblose Kristalle, MG 245,29, Schmp. 48° - 49° C, Dampfdruck ca. 10^{-5} mm Hg . In Wasser bei + 20° C zu 0,2 % (2 000 ppm), gut löslich in Alkohol, Aceton und aromatischen Kohlenwasserstoffen. Geruch- und geschmacklos. (Aus Handbook of Toxicology, III, Insecticides, Philadelphia & London 1959)

B. Methodischer Teil

1. Kulturmethoden

a. Anzucht der Versuchspflanzen

Alle Versuche wurden mit einer Gartenform des Coleus blumei durchgeführt. Die Pflanzen wurden in Töpfen mit Einheitserde kultiviert. Jede Woche erhielten sie einen Düngeguß mit Polycrescal (Zusammensetzung: 18 % N, 14 % P, 14 % K, Stammlösung 1 g/l). Die Gewächshaus Temperatur lag zwischen +18° C und +25° C, die relative Luftfeuchte schwankte zwischen 5o % und 8o %. Nach 2-3 Wochen wurden die Haupttriebe der ca. 15 cm hohen und gut bewurzelten Pflanze abgeschnitten und zur weiteren Vermehrung verwendet. Nunmehr trieben die Seitenknospen aus und bildeten fast gleichmäßig lange Triebe. Die Pflanzen wurden so gehalten, dass jeweils 2 x 2 Seitentriebe vorhanden waren. Dadurch konnte auf verhältnismäßig kleinem Raum relativ viel Versuchsmaterial gezogen werden. Nach 6-8 Wochen waren die Seitentriebe ca. 25 cm lang und konnten für den Versuchsgang verwendet werden. Die Kulturdauer, von der Anzucht bis zur Ernte für den Versuch, erstreckte sich über 1o-12 Wochen.

b. Vorversuche zur Ermittlung einer geeigneten Versuchsanstellung

Um vergleichbare Werte zwischen behandelter Pflanze und Kontrolle zu erhalten, wurden jeweils die Seitentriebe gleichmäßig in die entsprechenden Gefäße aufgeteilt. Obwohl die dekapitierten Pflanzen (mit Seitentrieben) einen höheren Gehalt an Gesamt-Kohlenhydrat/mg TG und einen entsprechend niedrigeren Gehalt an Gesamt-Stickstoff/mg TG zeigten als die Pflanzen mit Haupttrieb, wurde doch diese Vorkulturmethode gewählt, da sich die gegenüberliegenden Seitentriebe als Vergleichssproß für die Kontrolle gut eigneten.

Blattanalysen von dekapitierten und nicht dekapitierten Coleus-Pflanzen: Werte in γ/mg TG

Ges. - N		Eiw. - N		Ges. KH.		lösl. -KH	
dekap.	normal	dekap.	normal	dekap.	normal	dekap.	normal
34,2	4o,o	31,5	35,o	329	276	23,o	21,6

Für die folgenden Untersuchungen sollten immer nur die Blätter aus der gleichen Blattebene herangezogen werden. So wurden zunächst an dekapitierten Topfpflanzen (mit gleichmäßig langen Seitentrieben) die Blattpaare des 4., 6. und 8. Wirtels von oben analysiert. Das 4. Blattpaar war gerade gut ausgebildet, während das 8. Paar sein Flächenwachstum schon länger abgeschlossen hatte. Die Versuchswerte zeigten, dass lediglich im Kohlenhydratgehalt/mg TG eine Zunahme vom 4.zum 8. Wirtel zu verzeichnen war. Der Gehalt an Stickstoff/mg TG lag entsprechend niedriger. Bei den Phosphat- und Chlorophyllwerten traten keine Veränderungen auf (Abb. 1).

Sehr wichtig bei der Beurteilung evtl. phytotoxischer Schäden durch systemische Insektizide ist die Bodenbeschaffenheit. Dieses geht aus einer Arbeit von Getzin und Chapman (1959) hervor. Sie fanden für den Carbaminsäure-Ester "Isolan" in Quarzsand während der ganzen Versuchsdauer eine gleichbleibende insektizide Wirkung von 1oo %, während z.B. Lehmböden eine Absorption von 22 % aufwiesen. So spielt auch die Wahl des Nährsubstrates bei der Applikationsmethode im aufsteigenden Saftstrom für die Wirkung systemischer Insektizide eine wichtige Rolle.

Zunächst wurden Blindversuche (ohne "Pyrolan-Applikation") durchgeführt. Blätter wurden mehrere Tage in Nährlösung kultiviert und anschließend analysiert. Die Ergebnisse der so kultivierten Blätter wurden mit den erhaltenen Werten der gleichaltrigen, aber an der Pflanze belassenen Blätter verglichen. Es zeigte sich, dass der Kohlenhydratgehalt/mg TG

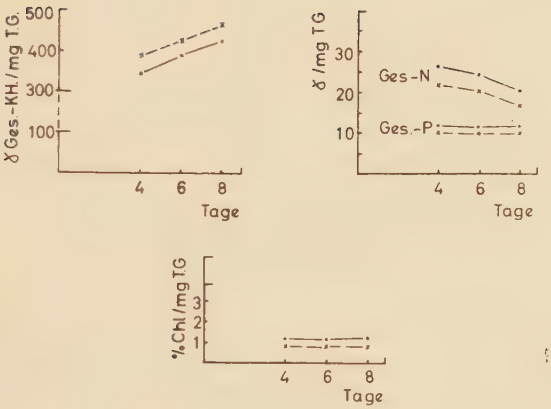


Abb. 1: KH. -, Stickstoff-, Phosphat- und Chlorophylluntersuchungen an Blättern verschiedenen Alters (4., 6 u. 8. Wirtel von oben).
durchbrochene Linie: abgeschnittene Coleusblätter 6 Tage in Nährlösung nach Homès kultiviert.
durchgezogene Linie: gleichaltrige, aber am Sproß belassene Blätter.

bei den in Nährlösung kultivierten Blättern höher lag, als bei den an der Topfpflanze belassenen Blättern. Der Stickstoff- und Phosphatgehalt/mg TG lag niedriger als bei den am Sproß belassenen Blättern (Abb.1). Obwohl Unterschiede im Substanzgehalt der Blätter zwischen Topf- und Nährlösungskulturen vorhanden waren, zogen wir doch das flüssige Nährsubstrat für die Versuchskulturen vor, denn nur so konnte nach Applikation des Insektizides ein einigermaßen eindeutiges Ergebnis erzielt werden.

Bei der von uns gewählten Kulturmethode im flüssigen Nährsubstrat und der Applikation der Aktivsubstanz+) über die Nährlösung wurde ähnlich wie bei Getzin & Chapman (1959) eine langandauernde und gleichbleibende insektizide Wirkung der Nährlösung gefunden. Dieser Befund war wichtig für die Beurteilung von Ergebnissen aus Langzeitversuchen.

Wir entschieden uns bei den weiteren Untersuchungen für eine Analyse des 4. Blattpaares von oben, weil von den gerade ausgebildeten Blättern die klarsten Daten zu erwarten waren. Zur Beurteilung von Ableitungsfragen wurden gegebenenfalls noch Untersuchungen an Blattstengeln und Sproßteilen durchgeführt.

Die in der Arbeit angeführten Daten sind Mittelwerte von mindestens 7 Versuchsreihen. Der Kurvenverlauf der einzelnen Meßwerte bei den behandelten Pflanzen zeigte stets die gleiche Tendenz zu den Meßwerten der unbehandelten Kontrolle. Eine gewisse Sicherung der Ergebnisse ist somit durch den Kurvenverlauf gegeben. Eine weitere Sicherung wird durch die Berechnung des mittleren Fehlers des Mittelwertes aufgezeigt (siehe Beispiel).

+) Die in der Praxis verwendeten Pflanzenschutzmittel enthalten aus anwendungstechnischen Gründen verschiedene Beistoffe neben der eigentlich wirksamen Substanz. In Anlehnung an Beye (1960) verwenden wir daher den Ausdruck Aktivsubstanz für die von uns verwendeten reinen insektiziden Stoffe.

Bestimmung des mittleren Fehlers des Mittelwertes als Sicherungshinweis für die ermittelten Differenzen zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen

Beispiel: 7-tägige Einwirkung einer 1 x 10^{-2}%igen Pyrolanlösung auf Coleus blumei

Werte in γ/cm^2 Oberfläche
\+ = behandelt
\- = Kontrolle

Ges.-KH.		lösl.-KH.		Stärke		Ges.-N		Eiw.-N	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1650	1548	365	324	449	459	139,5	137,0	1099,8	113,1
1690	1520	376	338	455	454	138,9	136,0	112,1	115,8
1652	1610	337	324	439	474	139,1	135,2	1088,5	113,8
1580	1582	359	340	454	469	137,2	137,5	111,0	114,5
1650	1618	347	344	434	466	137,0	137,0	113,2	116,3
1582	1540	355	350	444	456	137,2	138.5	112,6	114,0
1640	1601	356	332	446	480	139,6	136,5	1099,2	115,0
Mittel 1640,5	1571,4	356	336	446	465	138,5	136,5	1110,8	114,5
Δx [γ] ± 15,25	± 14,22	± 4,0	± 3,68	± 2,9	± 3,65	± 0,45	± 0,42	± 0,42	± 0,43
% ± 0,93	± 0,90	± 1,12	± 1,09	± 0,65	± 0,79	± 0,32	± 0,31	± 0,39	± 0,38

	Chlorophyll		R N S		Ges.-P		Sl.-P		anorg.-P	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	7,1o	7,1o	38,8	48,1	48,o	5o,1	43,6	44,6	36,7	38,2
	7,oo	6,78	41,4	45,1	47,6	49,6	42,o	43,3	35,5	38,9
	7,o4	7,o1	4o,6	46,8	48,5	5o,7	4o,5	45,8	38,2	38,o
	6,71	6,68	42,5	48,o	47,8	52,3	45,o	46,5	35,4	38,1
	6,6o	6,68	43,4	45,5	48,2	52,9	43,1	43,7	36,4	39,7
	7,o4	7,o5	42,8	48,6	5o,6	52,4	43,1	47,2	37,o	36,2
	6,65	6,67	44,6	44,6	46,5	5o,o	44,1	45,4	37,5	38,4
Mittel	6,9o	6,85	42,o	46,5	48,2	51,1	43,1	45,2	36,5	38,2
Δx [γ]	± o,o8	±o.o8	±o,229	±o,236	±o,471	±o,491	±o,551	±o,54o	±o,396	±o,4o4
%	± 1,16	±1,17	+o,54o	±o,5oo	±o,98o	±o,96o	±1,28o	±1,19o	±1,o9o	±1,o5o

c. Versuchsansätze

Es wurden die Seitentriebe (im folgenden kurz als Sprosse bezeichnet) abgeschnitten, in Weithals-Erlenmeyerkolben überführt und in 2oo ml Nährlösung nach Homés weiter kultiviert (Rauterberg & Bussler 195o, Bussler 196o). Der p_H-Wert der Nährlösung wurde konstant auf 6,4 eingestellt. Die Sprosse wurden mit einem Schaumgummiverschluß so in das verdunkelte Gefäß gesetzt, dass sie fast bis auf den Gefäßboden reichten. Dabei verteilten wir die Sprosse so, dass ein Trieb der Ausgangspflanze in pyrolanhaltige Nährlösung und der gegenüberliegende Trieb in die Kontrollbehälter kam. Für jeden Versuchsgang wurden 2o Sprosse verwendet.

2. Insektizidbehandlung

In allen Versuchen wurde die reine Aktivsubstanz "Pyrolan" (G-22oo8, Fa. J.R. Geigy A.G. Basel) verwendet. Dabei wurde in verschiedenen Konzentrationsbereichen gearbeitet, um die für die Pflanze verträglichste, aber noch insektizid wirksame Dosis herauszufinden.

Es stellte sich heraus, dass der Anwendungsbereich des "Pyrolan" auf Coleus sehr begrenzt ist. Als äußerste, bereits letale Grenze erwies sich die Konzentration von $3 \times 1o^{-2}$ %. Der unterste, nicht mehr insektizid wirksame Bereich konnte mit $3 \times 1o^{-3}$ % ermittelt werden. Die mittlere Konzentration von $1 \times 1o^{-2}$ % erwies sich als pflanzenverträglich und noch insektizid wirksam. In allen Versuchen wurde das Insektizid über die Nährlösung gegeben. Die Versuche wurden zunächst im Gewächshaus durchgeführt. Als Einwirkungsdauer des systemischen Insektizides setzten wir 2 Tage fest, anschließend wurde das Versuchsmaterial geerntet. Gasser (1952) stellte nach 3 Stunden Einwirkungsdauer durch Blattlaustest an der intakten Pflanze eine geringe insektizide Wirkung fest, wobei die relative Luftfeuchte von Bedeutung war. In den Blättern konnte erst nach 24 Stunden eine insektizide Wirkung erreicht werden.

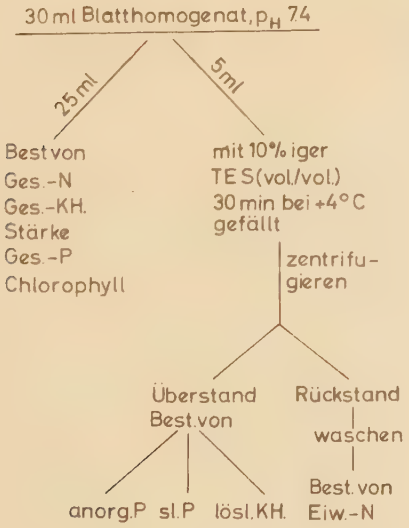
Wir wählten eine 48stündige Applikationsdauer, um durch längeren Kontakt der Pflanze mit dem Insektizid eine genügende Pyrolanaufnahme zu garantieren. Die behandelten Sprosse erhielten anschließend normale, insektizidfreie Nährlösung. Nach 5, 7 und 1o Tagen wurden die Blattproben aus dem Rücksetzversuch analysiert. Um beurteilen zu können, in welchem Maße Veränderungen in der Pflanze bei Dauer-Insektizideinwirkung auftreten, wurden die Sprosse bis zu 4 Wochen unter definierten Bedingungen in der Klimakammer (7 ooo lux, + 23°C, 7o % rel. Feuchte, $12^h/12^h$) weiter in pyrolanhaltiger Nährlösung belassen und anschließend der Frischzuwachs an Blättern analysiert.

3. Nachweis des Insektizides mittels Biotest

Zum Nachweis des in der Pflanze vorhandenen Insektizides wurde der Biotest mit Drosophila melanogaster herangezogen. Dabei stützten wir uns auf die von Bombosch & Huesmann (196o) und Huesmann (1961) erzielten Untersuchungsergebnisse.
Für den Test wurden jeweils 5 Schalen mit o,5 ml azetonhaltigem Reibsaft versehen. Nach 3o min Abdampfzeit war ein fester Film am Deckel vorhanden. Die Schalen wurden in einen temperaturkonstanten Raum überführt und mit etwa 2o, unter standardisierten Bedingungen aufgezogenen Fliegen besetzt. Zur besseren Überführung in die Petrischalen wurden die Tiere vorher einer kurzen CO_2-Narkose unterworfen. Der Test konnte nach 24 Stunden (im Dauerkontaktverfahren) ausgewertet werden. Dabei wurden die durch evtl. Eigentoxizität des Pflanzenmaterials in den Kontrollen abgestorbenen Fliegen bei der Berechnung der Mortalitätsrate für die behandelten Pflanzen berücksichtigt (Healy 1952).

4. Analysenmethoden

Das für die Untersuchung benötigte Blattmaterial wurde immer zum gleichen Zeitpunkt geerntet. Zur Analyse wurden Blattdisken von 1 cm^2 ausgestanzt und in Borsäure/Borax-Puffer vom p_H 7,4 (Holmes, R. 1943) mit dem Ultra-Turrax (Liz. Prof. F. Willems, Janke & Kunkel A.G. Fabrik chem.phys. Apparate Staufen/Breisgau) fein zerkleinert. Das Material ließ sich jetzt wie eine Suspension behandeln und wurde wie folgt aufgearbeitet:



a. Kohlenhydrate

Der Gehalt an Gesamt-Kohlenhydrat und löslichem Kohlenhydrat wurde mit der Anthron-Methode nach Roe (1955) ermittelt. Hierbei wurden alle Kohlenhydrate, die nach Spaltung durch konzentrierte Schwefelsäure in den Oxymethylfurfurolring übergingen, erfaßt. Das lösliche Kohlenhydrat wurde aus der im Aufarbeitungsgang anfallenden Trichloressigsäure-Fraktion bestimmt. In Modellversuchen mit Stärke zeigte sich, dass die Trichloressigsäure keinen hydrolytischen Einfluß auf die Stärke hatte und die Bestimmung des löslichen Kohlenhydrates aus dem Trichloressigsäure-Extrakt daher ohne größere Bedenken durchgeführt werden konnte.

b. Stärke

Das mazerierte Pflanzenmaterial wurde bei +4o° C mittels einer 1 %igen Diastaselösung (Diastase hochgereinigt von E. Merck, Darmstadt) einer 3stündigen Hydrolyse unterworfen. Nach dieser Zeit war sämtliche Stärke abgebaut. Die Proben wurden 1o min bei 6 ooo g zentrifugiert und der Überstand mit der Anthron-Methode nach Roe bestimmt.

c. Stickstoff

Zur Erfassung des Gesamt-Stickstoffs wurde die Mikrokjeldahl-Methode verwendet. Der Eiweiß-Stickstoff wurde durch 3o min Fällung des Extraktes mit 1o %iger Trichloressigsäure bei +4° C erhalten und ebenfalls nach der Mikrokjeldahl-Methode bestimmt. Eine längere Extraktionsdauer brachte keine höheren Ausbeuten. Den löslichen Stickstoff erhielten wir durch Differenzrechnung.

d. Chlorophyll

2 ml zerriebenes und gepuffertes Pflanzenmaterial wurde mit 8 ml Methanol (96 %ig) versetzt und 3o min bei + 5o° C erwärmt. Extraktionsdauer und Temperatur erwiesen sich nach längerer Überprüfung als geeignet. Anschließend wurde die methanolische Chlorophyll-Lösung vom bleichen Rückstand abzentrifugiert und durch ausschütteln in Azeton überführt. Das Chlorophyll konnte so von den wasserlöslichen Farbstoffen getrennt werden. Anschließend wurde über Natrium-Sulfat getrocknet. Zur Ermittlung des Gehaltes an Gesamt-Chlorophyll wurde folgende modifizierte Gleichung benutzt (Comar & Zscheile 1942):

$C_{(a+b)} = o,7 \times 1o^{-2} \times D_{662} + 1,68 \times 1o^{-2} \times D_{644}$ mg/ml .

Die Extinktionsmessungen wurden in einer Kuvette von 1 cm Schichtdicke durchgeführt.

e. Phosphate

Die Phosphate wurden nach der von Pirson & Kuhl (1958) vorgeschlagenen Weise bestimmt. Dabei wurden in unserem Falle folgende Fraktionen berücksichtigt: Gesamt-Phosphat, Trichloressigsäure-lösliches Phosphat, Trichloressigsäure-lösliches stabiles anorganisches Phosphat. Das gesamte organische Phosphat sowie das Trichloressigsäure-unlösliche Phosphat wurden durch Differenzrechnung ermittelt.

f. Nucleinsäuren

Zunächst erfolgte eine Vorbehandlung des Pflanzenmaterials zur Gewinnung der Nucleinsäuren (Heitefuß, pers. Mitteilung). Dabei wurden die Blätter mit 25 ml 1o %iger Trichloressigsäure bei + 4°C zerrieben, nach kurzer Zeit abzentrifugiert und in 25 ml 5 %iger Trichloressigsäure aufgenommen. Nach 15 min wurde wiederum abzentrifugiert und mit 1o ml destiliertem Wasser gewaschen. Im Rückstand wurde eine Isolierung der RNS

und DNS nach Mukherjee & Shaw (1962) durchgeführt. Die Nucleinsäure bestimmten wir nach den bei Ruppel (1962) angegebenen Daten spektrophotometrisch. Bei der RNS-Bestimmung wurde nur der durch UV-Absorptionsmessung erhaltene Wert berücksichtigt; die mit Hilfe der Orcin-Methode (Ceriotti 1955) erhaltenen Werte lagen stets um ca. 2o % höher.

g. Bezugsgröße

Da sich bei den Untersuchungen herausstellte, dass durch die Einwirkungen des Insektizides starke Unterschiede im Kohlenhydratgehalt/mg TG gegenüber den Kontrollen auftraten, wurde die Oberfläche als geeignetere und unabhängige Bezugsgröße gewählt. Sie ließ sich durch Ausstanzen von Blattdisken rechts und links der Mittelrippe leicht bestimmen.

C. Versuchsteil

In Vorversuchen mit "Pyrolan" hatte sich die Konzentration von 1×10^{-2} % als insektizidwirksam und auch pflanzenverträglich erwiesen. Um den Wirkungsbereich des "Pyrolan" als Insektizid und seinen Einfluß auf die Pflanze zu prüfen, wurden weitere Versuche mit anderen Konzentrationen durchgeführt.

1. Pyrolan-Konzentration 1×10^{-2} %

a. Einwirkungsdauer über 2 Tage

Das Insektizid wirkte 2 Tage über die Nährlösung auf die Pflanze ein und wurde anschließend im Biotest mit einer Mortalitätsrate +) von 35 % im 24stündigen Dauerkontakt-

+) Da es außerordentlich schwierig ist, den Tod der Tiere nach Insektizidbehandlung festzustellen, wurde der bei Bombosch & Huesmann (1960) als konventionelles Maß für den Tod der Fliegen bentzte Begriff der Mortalität auch hier verwendet.

verfahren nachgewiesen. Nach 48stündiger Applikationszeit wurden die Blätter einer Analyse unterworfen. Es zeigte sich, dass Gesamt-Kohlenhydrat/cm^2 Oberfläche in den behandelten Pflanzen um 45 höher lag als in den Kontrollpflanzen. Das lösliche Kohlenhydrat stieg in den Blättern der behandelten Pflanzen um 12 /cm^2 an. Die Prüfung des Stärkegehaltes ergab einen um 12 /cm^2 geringeren Wert als die Kontrolle. Dies könnte auf eine verminderte Wirkung der Hexokinase zurückzuführen sein (Eifert 1963). Ein völliger Stillstand der Stärkesynthese wurde nicht beobachtet.

Die im Gesamt-Stickstoff/cm^2 Oberfläche auftretenden Unterschiede waren nicht deutlich. Im Eiweiß-Stickstoff/cm^2 hingegen wurden in den Blättern der behandelten Pflanzen stets um 4 /cm^2 geringere Werte bei gleichbleibendem Eiweißspiegel gefunden. Der Anstieg im löslichen Stickstoff deutet darauf hin, dass diese Erhöhung sich aus dem Eiweißabbau ergibt, da eine etwaige Ableitung in andere Organe der Pflanze, beispielsweise in die Stengel oder in die Sproßachse, nicht festgestellt werden konnte.

Untersuchungen an den Phosphatfraktionen ergaben am Gesamt-Phosphat/cm^2 bei gleichbleibender Höhe einen um 2,5 γ/cm^2 geringeren Wert in den pyrolanbehandelten Blättern als in den Kontrollblättern der unbehandelten Probe. Der Hauptanteil entfiel auf die Fraktion des säurelöslichen Phosphates, wobei das gesamte stabile anorganische Phosphat am stärksten betroffen war (2γ/cm^2).

Durch Mangel an anorganischem Phosphat könnten die ATP-Bildung und damit die Glucose-Phosphorylierung geringer sein und so eine schwächere Stärkesynthese zur Folge haben. Eine Schwächung der Gesamt-RNS wurde ebenfalls beobachtet.

Die Untersuchung des Chlorophyllgehaltes ergab keine Unterschiede zwischen Kontrolle und behandelten Pflanzen.

b. Einwirkungsdauer über 5,7 und 1o Tage

Lassen wir das "Pyrolan" länger als 48 Stunden auf die Pflanzen einwirken, so ist auch bei 5,7 und 1otägiger Probenentnahme und gleichbleibender insektizider Wirkung von 35 % keine Steigerung des beobachteten Effektes zu finden. Ein völliger Stillstand der Produktionsleistung konnte nicht festgestellt werden. Die Differenz zur Kontrolle blieb stets gleich (Abb. 2).

c. Rücksetzversuch über 1o Tage

Um zu sehen, ob und inwieweit eine Reversibilität der beobachteten Veränderungen in der Stoffproduktion der behandelten Pflanzen möglich ist, wurden diese nach 2tägiger Applikationsdauer in normale Nährlösung zurückgesetzt und über einen Zeitraum von 1o Tagen dreimal Blattproben entnommen. Die Prüfung von Blattextrakten im Biotest ergab einen Rückgang der Mortalitätsrate. Am 1o. Tag in normaler Nährlösung starben nur noch 5 % der Fliegen im 24stündigen Dauerkontaktversuch.

Wir konnten zeigen, dass die bei 2tägiger Applikationsdauer ermittelten Differenzen sich allmählich verringerten und am 1o. Tage völlig verschwanden. Die behandelten Pflanzen hatten ihre volle Synthesefähigkeit wiedererlangt (Abb. 3).

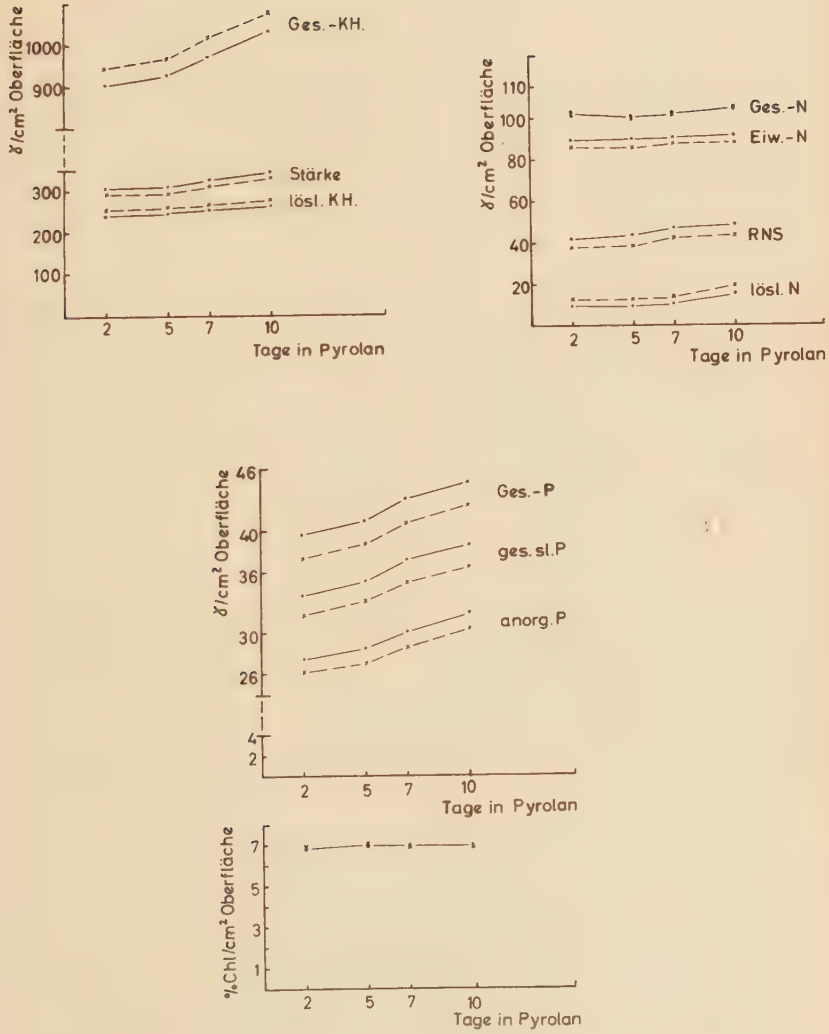


Abb. 2: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Kurzzeitversuch über 1o Tage (Klimakammerversuch).
durchgezogene Linie: unbehandelte Kontrolle
unterbrochene Linie: behandelte Pflanze (bis zu 1o Tagen in "Pyrolan", 1 x $1o^{-2}$ %).

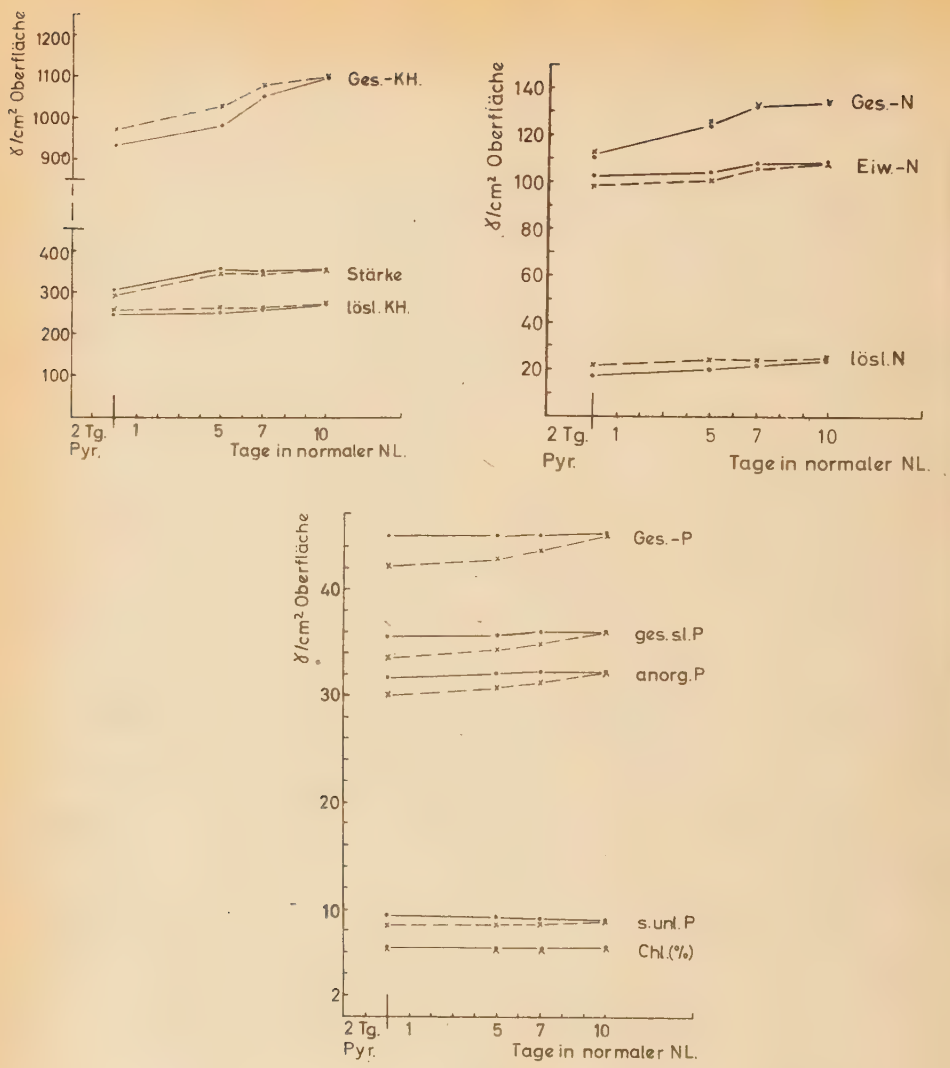


Abb. 3: Rücksetzversuch.

Unbewurzelte Coleus-Sprosse wurden nach 2tägigem Verbleib in 1 x 10^{-2} % pyrolanhaltiger Nährlösung jeweils 5, 7 und 10 Tage in normaler Nährlösung belassen.

durchgezogene Linie: unbehandelte Kontrolle

unterbrochene Linie: ehemals behandelte Pflanze

d. Einwirkungsdauer über 3o Tage

Wirkt das Insektizid über einen Zeitraum von 3o Tagen auf die Pflanzen ein, so ist am Ende dieser Versuchszeit in den neuentfalteten Blättern die gleiche insektizide Wirksamkeit mittels Biotest festzustellen wie nach 2tägiger Applikationsdauer. "Pyrolan" hatte über diesen langen Zeitraum in der Nährlösung durch evtl. bakterielle Tätigkeit seine insektizide Wirkung nicht eingebüßt. Nach 3o Tagen besaß die Nährlösung die gleiche insektizide Wirksamkeit wie nach 2 Tagen, so dass durch ständigen Kontakt mit dem Insektizid eine Neuzufuhr in den Frischzuwachs gewährleistet war. Da die Pflanzen nach etwa 1o Tagen mit der Bildung von Wurzeln begannen und die insektizide Wirkung im Frischzuwachs nach 3o Tagen nicht abnahm, kann angenommen werden, dass auch die Wurzel für "Pyrolan" permeabel ist (vergl. auch Gasser 1952). Bei der Leitung der Aktivsubstanz in der Pflanze spielt die Luftfeuchtigkeit eine gewisse Rolle (vergl. auch Gasser 1952). Während in Langzeitversuchen bei ca. 7o-8o % rel. Luftfeuchte keine Veränderungen zu beobachten waren, traten bei geringerer Feuchte am Blattrand kleine Nekrosen auf. Die Schadbilder könnten durch eine Ansammlung des Insektizides auf Grund erhöhter Transpiration entstanden sein (Randwirkung). Dieser Erscheinung wurde in den Langzeitversuchen Rechnung getragen.

Nach 3otägiger Applikationsdauer einer 1×10^{-2} % pyrolanhaltigen Nährlösung unterschieden sich die Pflanzen grundlegend von den unbehandelten Kontrollen (Abb. 4). Die behandelten Pflanzen waren kleiner im Wuchs und zeigten in den frisch entfalteten Blättern einen deutlich geringeren Anthocyangehalt. Außerdem waren die neuen Blätter kleiner als die gleichaltrigen Kontrollblätter der unbehandelten Pflanzen.

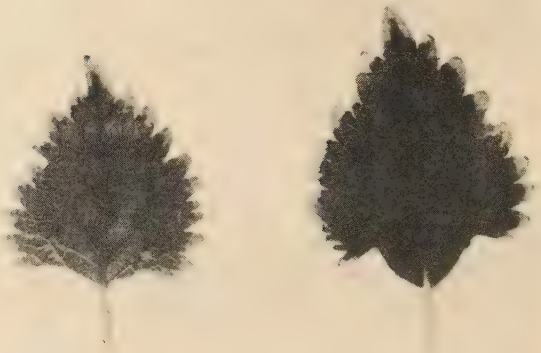


Abb. 4: Coleus-Sprosse im Langzeitversuch (Klimakammerversuch).
1. Bild, rechte Pflanze: unbehandelte Kontrolle
linke Pflanze : 30 Tage in 1 x 10^{-2} % pyrolanhaltiger Nährlösung.

2. Bild, rechtes Blatt: Frischzuwachs aus der unbehandelten Kontrolle
linkes Blatt: Frischzuwachs der behandelten Pflanze.

Abb. 4: Coleus-Sprosse im Langzeitversuch (Klimakammerversuch).

1. Bild, rechte Wurzel: unbehandelte Kontrolle nach 15 Tagen
linke Wurzel: 15 Tage in $1x10^{-2}$% pyrolanhaltiger Nährlösung.

2. Bild, rechte Wurzel: unbehandelte Kontrolle nach 30 Tagen
linke Wurzel: 30 Tage in $1x10^{-2}$% pyrolanhaltige Nährlösung.

Dickenmessungen der jungen, anthocyanarmen Blätter ergaben keine Unterschiede zwischen behandelten Pflanzen und unbehandelten Kontrollpflanzen. Auch der zelluläre Aufbau in den Blättern der behandelten Pflanzen unterschied sich nicht von dem der Kontrollblätter.

Das Bild der stofflichen Zusammensetzung der neugebildeten Blätter in Langzeitversuchen unterschied sich sehr von den Analysendaten bei Kurzzeitversuchen. Die insektizide Wirkung in den Blättern blieb gleich. Alle untersuchten Fraktionen zeigten im Vergleich zur Kontrolle einen Mehrgehalt/cm^2. Das bedeutet, dass die synthetische Leistung der Pflanze durch 3otägige Einwirkung einer 1 x $1o^{-2}$ %igen Pyrolanlösung nicht gestört worden war. Das Trockengewicht/cm^2 im Frischzuwachs stieg in den pyrolanhaltigen Pflanzen um ca. 2o % gegenüber der Kontrolle an. Dieser Mehrwert ist durch den hohen Anstieg des Kohlenhydratgehaltes in den Blättern der behandelten Pflanzen bedingt.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass nicht nur der Kohlenhydratgehalt und die Stickstoff- und Phosphatwerte/cm^2 einen Anstieg zeigten, sondern auch der Gesamt-RNS-Gehalt zunahm. Eine Veränderung des DNS-Gehaltes wurde hingegen nicht beobachtet (vergl. Kern 1961). (Abb. 5).

e. Wachstumsmessungen

Bei Langzeitversuchen war es möglich, Gesamt-Längenmessungen der Pflanzen zu verschiedenen Zeitpunkten durchzuführen. Alle Pflanzen wurden zu Beginn des Versuches mit einer konstanten Ausgangsgröße in Gläser gesetzt und nach 15, 2o und 3o Tagen gemessen. Ließen wir die Pflanzen nur 2 Tage in 1 x $1o^{-2}$ %iger Pyrolanlösung und setzten sie dann in normale Nährlösung, ergab sich folgendes Bild: Die behandelte Pflanze blieb im Wachstum deutlich hinter der Kontrolle zurück. Im Verlauf von 3o Tagen änderte sich diese Differenz

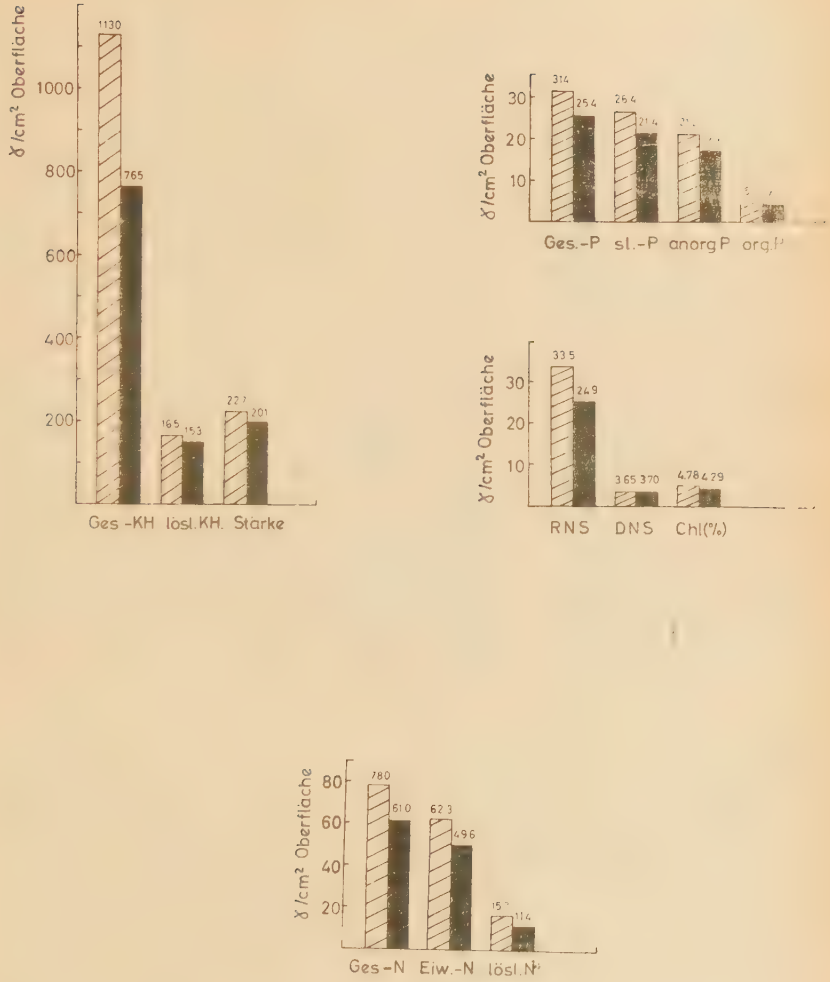


Abb. 5: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Langzeitversuch über 30 Tage (Klimakammerversuch).
schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: 30 Tage in pyrolanhaltiger Nährlösung (1×10^{-2} %). Im Laufe des Versuches trat Bewurzelung ein.

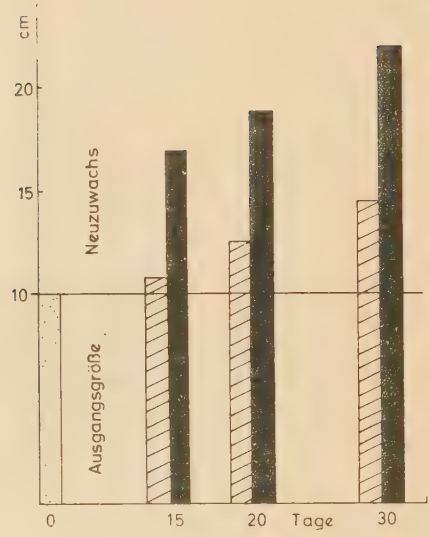


Abb. 7: Wachstumsmessungen in der Klimakammer, unbewurzelte Coleus-Sprosse im Langzeitversuch über 30 Tage.
Säule mit Punkten : gemeinsame Ausgangsgröße
schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: Pflanzen 30 Tage in "Pyrolan" (1×10^{-2} %). Im Laufe des Versuches trat Bewurzelung ein.

2. Pyrolan-Konzentration 3 x 10^{-2} %

a. Einwirkungsdauer über 2 Tage

In Vorversuchen hatte sich herausgestellt, dass die hier zur Anwendung kommende Konzentration von 3 x 10^{-2} % "Pyrolan" als die oberste Anwendungsgrenze angesehen werden muß. Als Einwirkungsdauer wurden wieder 2 Tage festgesetzt. Innerhalb dieses Behandlungszeitraumes zeigten die Pflanzen keinerlei sichtbare Schäden. Im Biotest zeigte sich, dass nach 8 Stunden 35 % der Drosophila-Fliegen starben, nach 24 Stunden waren es 74 %. Die Pflanzen besaßen also schon eine starke insektizide Wirkung.

Bei unseren Untersuchungen fanden wir, dass in den Fraktionen des Gesamt-Kohlenhydrates, des löslichen Kohlenhydrates, und der Stärke, bezogen auf cm^2 Oberfläche, ein erheblich niedrigerer Wert in den Blättern der behandelten Pflanzen vorlag als in den unbehandelten Kontrollen. Auch das Trockengewicht/cm^2 Oberfläche war in den Blättern der behandelten Pflanzen um 4 % geringer. Trockengewichtsbestimmungen an Pflanzen, die 2 Tage im Dunkeln gelassen wurden, ergaben ebenfalls eine Differenz von 4 %. Der starke Trockengewichts- und Kohlenhydratverlust gegenüber den im normalen Lichtregime gehaltenen Kontrollen könnte auf eine erhöhte Atmung zurückzuführen sein.

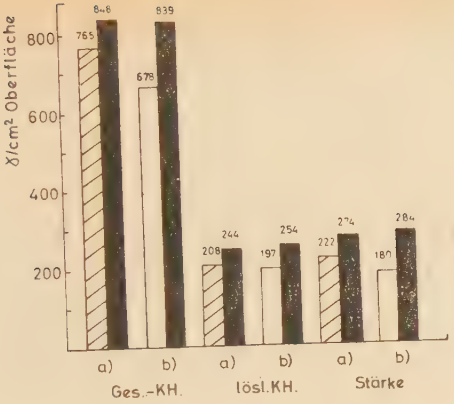
In den Stickstoff- und Phosphatfraktionen lagen keine Veränderungen vor. Der Chlorophyllgehalt/cm^2 Oberfläche ergab ebenfalls keine besonderen Differenzen. Die behandelten Pflanzen unterschieden sich äußerlich nicht von den unbehandelten Kontrollen.

b. Rücksetzversuch über 3 Tage

Nach 48stündiger Einwirkungsdauer des Insektizides wurden die Pflanzen in normale Nährlösung umgesetzt und nach 3 Tagen wiederum Blattanalysen durchgeführt. Obwohl die Pflanzen sich bereits in reiner Nährlösung befanden, traten schon am 3. Tage äußerlich sichtbare Schäden auf. Es zeigten sich eingesunkene Stellen und Verfärbungen an der Sproßachse. In der Blattspreite traten kleinere Nekrosen auf. Die ganze Pflanze war jedoch noch vollturgeszent. Zu diesem Zeitpunkt entnommene Blattanalysen ergaben folgendes Bild: In den behandelten Pflanzen fand keine Neuproduktion von Kohlenhydrat mehr statt. Alle untersuchten Fraktionen (Gesamt-Kohlenhydrat, lösliches Kohlenhydrat, Stärke) zeigten einen starken Rückgang. Es handelt sich hier offenbar um starke Narkoseschäden, wie sie auch Warburg (1919) mit Phenylurethan an Chlorella erhalten hat.

Die Stickstoffwerte (γ/cm^2) ergaben in allen geprüften Fraktionen (Gesamt-Stickstoff, Eiweißstickstoff, löslicher Stickstoff) einen Anstieg in den Blättern der behandelten Pflanzen.

An Hand der durch die Analyse ermittelten Phosphatwerte (Gesamt-Phosphat, gesamtes säurelösliches Phosphat, säurelösliches anorganisches Phosphat, gesamtes säureunlösliches Phosphat, säurelösliches organisches Phosphat) konnte angenommen werden, dass in den behandelten Pflanzen eine erhöhtere Phosphat-Aufnahme vorlag als in den unbehandelten Kontrollpflanzen. Den Hauptanteil an der Erhöhung des Gesamt-Phosphates stellte die Fraktion des anorganischen Phosphates. Im Chlorophyllgehalt/cm^2 Oberfläche konnten auch bei den stark geschädigten Pflanzen keine Unterschiede zur Kontrolle gefunden werden (Abb. 8).



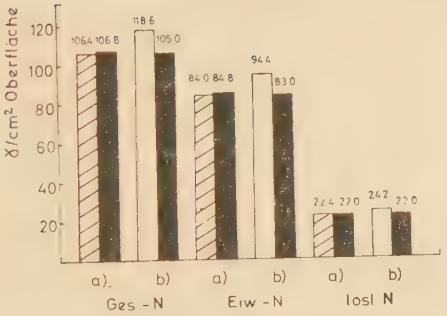


Abb. 8: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Kurzzeitversuch

a. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-2} %).

b. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
weiße Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-2} %), dann 3 Tage in normaler Nährlösung.

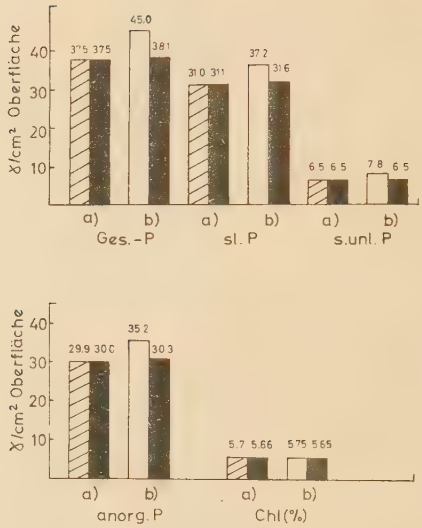


Abb. 8: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Kurzzeitversuch

a. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-2} %).

b. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
weiße Säule : Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-2} %), dann 3 Tage in normaler Nährlösung.

Die Prüfung des Blattmaterials im Biotest ergab weiterhin eine starke Insektizidwirkung. Nach 12 Stunden konnte eine Mortalitätsrate von 35 % gefunden werden. Wurden die Pflanzen weiter in reiner Nährlösung gelassen, so zeigten sich bereits am 4.-5. Tage stärkere Schadbilder. Größere Flächen in den Intercostalfeldern rechts und links der Mittelrippe waren eingesunken, die dunklen Flecken an der Sproßachse vergrößerten sich, die Pflanze selbst war nicht mehr vollturgeszent. Am 6. Tag knickte durch Einschnüren der Sproßachse der obere Sproßteil um; auch die jüngsten Blätter waren geschädigt.

Die hohe Mortalitätsrate im 3tägigen Rücksetztest deutet auf eine Anhäufung des Insektizides in der Pflanze hin und erklärt die nachträglich hohen Veränderungen im Substanzgehalt, sowie die deutlich sichtbaren Schäden an der Pflanze.

3. Pyrolan-Konzentration 3×10^{-3} %

a. Einwirkungsdauer über 2 Tage

Während mit der Konzentration von 3×10^{-2} % die Letaldosis bereits erreicht war, wurde nun versucht, auch die untere Grenze der wirksamen Konzentration zu finden. Hierzu wurde eine Pyrolan-Konzentration von 3×10^{-3} % geprüft. Wie bei allen vorhergehenden Versuchen wirkte auch hier das "Pyrolan" 48 Stunden auf die Pflanze ein. Die Prüfung des Blattmaterials im Biotest zeigte keine deutlichen Unterschiede, obwohl eine insektizide Wirkung der pyrolanhaltigen Nährlösung im Drosophila-Test nachgewiesen wurde. In den untersuchten Fraktionen konnten ebenfalls keine Unterschiede zur Kontrolle festgestellt werden (Abb. 9).

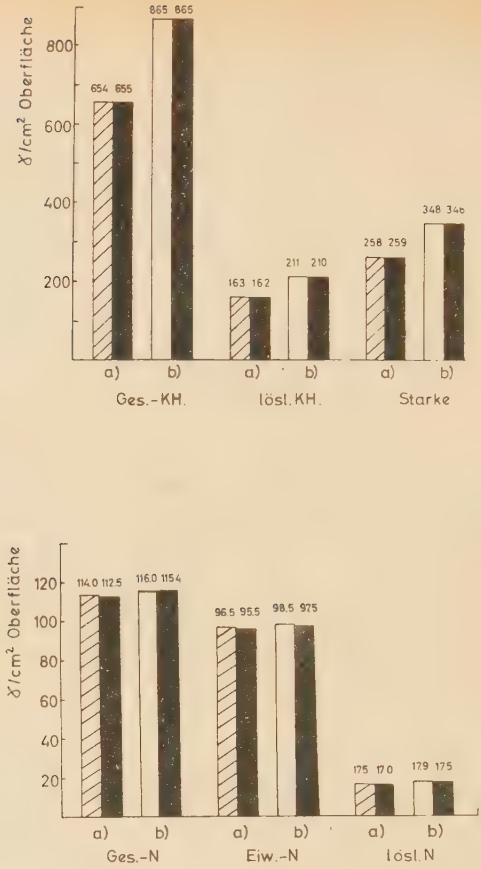


Abb. 9: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Kurzzeitversuch

a. schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-3} %).

b. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
weiße Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-3} %), dann 5 Tage in normaler Nährlösung.

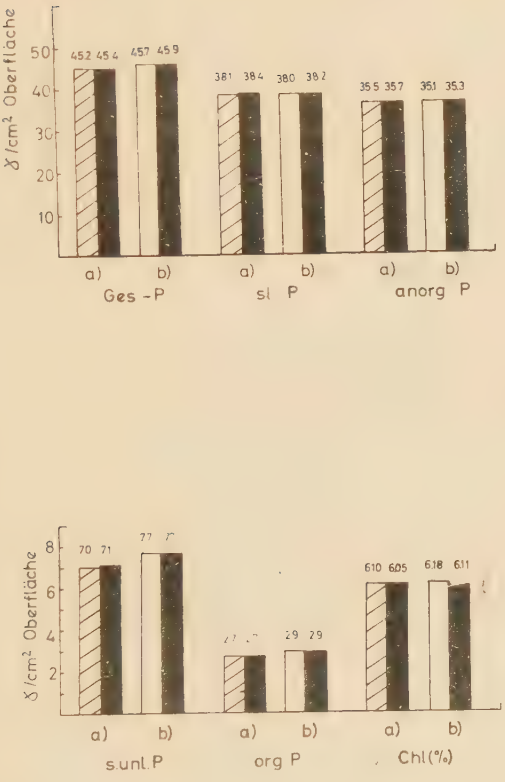


Abb. 9: Unbewurzelte Coleus-Sprosse im Kurzzeitversuch

a. schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule: Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-3} %).

b. schwarze Säule: unbehandelte Kontrolle
weiße Säule : Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-3} %), dann 5 Tage in normaler Nährlösung.

b. Rücksetzversuch über 5 Tage

Um beurteilen zu können, durch diese geringe Pyrolan-Konzentration noch Nachwirkungen in der Pflanze hervorgerufen werden, setzten wir die behandelten Pflanzen anschließend in normale Nährlösung um. Blattanalysen zeigten keine Unterschiede zur Kontrolle. Die synthetische Leistungsfähigkeit der Pflanze schien keine Störung erfahren zu haben. Nach 5 Tagen wurde der Versuch abgebrochen (Abb. 9).

c. Wachstumsmessungen

Es sollte schließlich geprüft werden, ob durch längeres Einwirken dieser geringen Pyrolan-Konzentration ähnliche Wachstumsstörungen an der Pflanze auftreten, wie beim Langzeitversuch mit 1×10^{-2} % "Pyrolan". So wurden die Pflanzen bei gleicher Ausgangsgröße 3o Tage in pyrolanhaltiger Nährlösung gelassen und nach 15, 2o und 3o Tagen Längenmessungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass der am 15. Tag gemessene Längenunterschied zur Kontrolle sich während der gesamten Versuchsdauer nicht änderte. Die Wachstumsrate blieb stets konstant (Abb. 1o). Der Biotest ergab, dass die insektizide Wirkung der Nährlösung während des Langzeitversuches gleichblieb. In den Blättern konnte aber kein nennenswerter Effekt gefunden werden. Durch den ständigen Kontakt der Pflanze mit dem systemischen Insektizid während der Versuchszeit konnte der vermutlich schon zu Beginn gesetzte Effekt für die ganze Dauer des Versuches konstant gehalten werden. Eine vollständige Wachstumshemmung trat nicht ein. Es wurde nur eine Verringerung des Längenwachstums beobachtet. Andere Störungen, wie verminderte Anthocyansynthese oder Hemmung der Blattentwicklung im Neuzuwachs wurde nicht festgestellt. Wurden die Pflanzen nur 2 Tage in pyrolanhaltiger

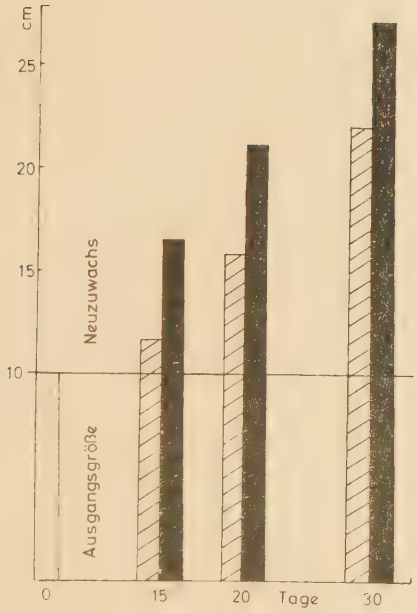


Abb. 1o: Wachstumsmessungen in der Klimakammer, unbewurzelte Coleus-Sprosse im Langzeitversuch über 3o Tage.
Säule mit Punkten: gemeinsame Ausgangsgröße
schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
schraffierte Säule:Pflanzen 3o Tage in "Pyrolan" ($3 \times 1o^{-3}$ %). Im Laufe des Versuches trat Bewurzelung ein.

Nährlösung gelassen und anschließend in normale Nährlösung zurückgesetzt, so ergab sich im Langzeitversuch folgendes Bild: Nach 15 Tagen waren noch deutliche Wachstumsstörungen zu beobachten. Es genügten also 2 Tage, um mit dieser geringen Konzentration noch sichtbare Nachwirkungen hervorzurufen. Diese Wachstumsstörungen wurden bei längerer Versuchsdauer geringer und verschwanden. Der geringe Pyrolangehalt von 3×10^{-3} % reicht somit bei einer Einwirkungsdauer von 48 Stunden nicht aus, um den zu Beginn des Versuches gesetzten Effekt für längere Zeit zu erhalten (Abb. 11).

Wenn nach 3o Tagen in der Länge kein Unterschied gegenüber den Kontrollen mehr vorlag, so muß man annehmen, dass bei den Versuchspflanzen in der Folge der Erholung zuletzt sogar eine übernormale Wachstumsgeschwindigkeit vorlag.

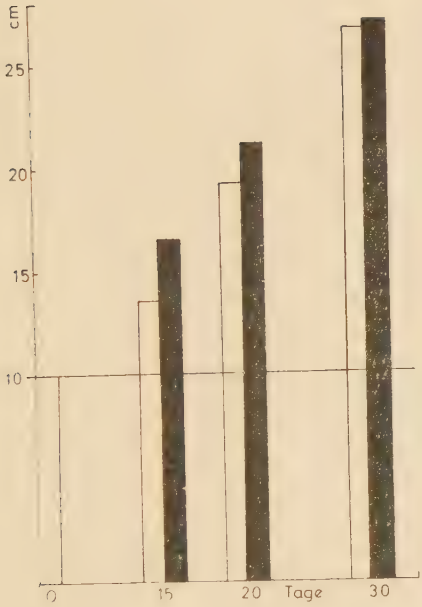


Abb. 11: Wachstumsmessungen in der Klimakammer, unbewurzelte Coleus-Sprosse im Langzeitversuch über 3o Tage.
Säule mit Punkten : gemeinsame Ausgangsgröße
schwarze Säule : unbehandelte Kontrolle
weiße Säule : Pflanzen 2 Tage in "Pyrolan" (3×10^{-3} %), dann 3o Tage in normaler Nährlösung. Im Laufe des Versuches trat Bewurzelung ein.

D. Diskussion

Bei der Behandlung von Coleus mit "Pyrolan" traten zwei voneinander unabhängige Effekte auf, die zunächst allgemein charakterisiert werden sollen:

1. Im Bereich der insektiziden Wirkung eine Veränderung der Zusammensetzung der Hauptbestandteile, die auf eine Störung im Stoffumsatz schließen läßt.
2. Bei nicht mehr insektizidwirksamer Konzentration eine Hemmung des Längenwachstums; diese ist natürlich auch bei höherer Konzentration festzustellen und tritt dann mit allgemeiner Wachstumsstörung kombiniert auf.

Beide Effekte sollen im Folgenden getrennt behandelt werden.

1. Bereich der insektiziden Wirkung.

In dem für die Anwendungspraxis von "Pyrolan" maßgeblichen Bereich der insektiziden Wirkung wurden zwei verschiedene Dosierungen untersucht, von denen die erstere ($1x10^{-2}$%) eindeutig pflanzenverträglich war, während bei der höheren Dosis ($3x10^{-2}$%) schon nach wenigen Tagen der Behandlung sich mit dem Einsetzen lokaler Nekrosen die Unverträglichkeit anzeigte.

Bei der Dosis von $1x10^{-2}$% ist vor allem die Erhöhung des Trockengewichtes pro cm^2 Blattfläche auffällig. Sie ist in erster Linie auf einen Anstieg im Gesamt-Kohlenhydrat zurückzuführen. Durch Analysen von Blattstielen und Sproßachsen wurde festgestellt, daß die Kohlenhydratanhäufung weder im Licht noch im Dunkeln auf einer Störung der Ableitung von Assimilaten beruhen kann. Eine Stimulation der photosynthetischen Kohlenhydratproduktion kann ebenfalls nicht maßgeblich sein, da auch Pflanzen, die "Pyrolan" im Dunkeln erhalten hatten, mehr Kohlenhydrat als die zugehörigen Kontrollen. Somit kommt in diesem Konzentrationsbereich in erster Linie eine Hemmung der Atmung als Folge der Pyrolan-Einwirkung in Betracht. Da der Eiweiß-Gehalt pro

Blattflächeneinheit in den behandelten Pflanzen erniedrigt ist, muß damit gerechnet werden, daß auch der assimilatorische Umbau von Kohlenhydrat in Plasmasubstanz beeinträchtigt ist; dies muß sich natürlich im gleichen Sinne wie die Atmungshemmung auf den Kohlenhydratspiegel auswirken, solange die Photosynthese nicht oder relativ wenig beeinflußt ist. Eine Vermehrung des Kohlenhydrates in den Blättern von Soja-Bohnen wurde von Meade (1958) nach Behandlung mit Isopropyl-N-phenylcarbamat (IPC) festgestellt; für die Analyse des Effektes ergeben sich in dieser Arbeit jedoch keine Gesichtspunkte. Eine Atmungshemmung nach Pyrolan-Behandlung konnte Beye (1960 a) unmittelbar bei Lepidium nachweisen; sie betrug bei $1x10^{-2}$% "Pyrolan" 59,3%, bei $1x10^{-3}$% "Pyrolan" noch 26,7%. Andererseits stellte Gasser (1952) bei Phaseolus bei einer Pyrolan-Dosis von $1x10^{-2}$% keine Atmungshemmung fest, obwohl hier eine insektizide Wirkung vorlag. Man muß offensichtlich damit rechnen, daß die einzelnen Pflanzen bei gleicher Dosierung unterschiedlich reagieren.

Ob die Wirkung des "Pyrolan" auf die Atmung von Coleus auf einem narkotischen Effekt beruht, wie er sonst von Urethanen und Carbamaten bekannt ist und auf eine Blockierung der Lipoproteidkomplexe der Mitochondrien zurückgeführt wird (Johnson, Eyring & Polissar 1954), konnten wir nicht direkt prüfen. Immerhin ist die bei der Dosis $1x10^{-2}$ % nachweisbare Reversibilität der Störungen im Rücksetzversuch mit der Annahme eines typischen Narkoseeffektes vereinbar.

Bei der hohen Dosis von $3x10^{-2}$% wird bereits die Grenze der Pflanzenverträglichkeit überschritten. Die in den Blättern erfaßten Veränderungen sind völlig andere; dies wird in dem prämortalen Zustand durch den nunmehr eintretenden irreversiblen Abfall des Kohlenhydrates pro Flächeneinheit deutlich. Eine verstärkte Ableitung von Kohlenhydrat ist hier auszuschließen. Unterschiede von Pflanzen, die im Licht und im Dunkeln gehalten waren, traten nicht auf. Der Abfall des Kohlenhydrates ist somit offensichtlich auf eine gesteigerte Atmung zurück-

zuführen.Die hohe Pyrolan-Dosis wirkt also im gleichen Sinne wie Verwundungen oder Infektionen.Die erhöhte Atmung braucht noch nicht mit einem Verlust der Fähigkeit zu Synthesen verbunden zu sein (vergl. Eiweißvermehrung S. 25).

Bei der niedrigsten applizierten Dosis von $3x10^{-3}$% "Pyrolan" wurde in den Blattextrakten keine insektizide Wirkung mehr nachgewiesen,während im Test mit der Nährlösung noch ein geringer Effekt zu erzielen war.In diesem Fall fanden sich in den Blättern keine biochemischen Veränderungen.In den von uns untersuchten Fraktionen (Kohlenhydrat,Stickstoff,Phosphat und Chlorophyll)treten also nur Veränderungen auf,wenn die Konzentration des "Pyrolan" den insektizidwirksamen Bereich erreicht hat.Zwischen der Wirkung auf die Pflanzenzelle und den Insektenkörper besteht also eine Korrelation;diese allein läßt natürlich noch keinen Schluß auf gleichartige Angriffspunkte der Aktivsubstanz ziehen.

Wenn in Rücksetzversuchen,d.h. nach Überführung der behandelten Pflanzen in normale Nährlösung,die insektizide Wirkung der Blattextrakte langsam nachließ,konnte im Gegensatz zu Angaben von Gasser (1952) kein Auswander von "Pyrolan" aus den Pflanzen festgestellt werden;selbst nach Einbringen von 1o Sprossen in 2o ccm Nährlösung war in dieser nach 7 Tagen,trotz Abklingens der insektiziden Wirkung in den Blättern,keine Aktivsubstanz nachzuweisen.Damit ist die Frage nach dem Verbleib des "Pyrolan" aufgeworfen.

Nach bisherigen Erfahrungen (Casida 1963) kommt ein Abbau auf enzymatischem Wege bei den Carbamaten nicht in Betracht;damit steht die relativ lange Wirkunsdauer des "Pyrolan" in Zusammenhang (Casida,Augustinsson & Jonsson 196o).Über den Schwund systemischer Phosphorsäure-Ester liegt umfangreichere Literatur vor.Hier spielt ein in Stufen verlaufender Abbau durch Oxydasen eine Rolle (Bowman 1957,Fukuto et al. 1957,Metcalf et al.1957, Spencer & Robinson 196o),wobei jedoch Pflanzenart und Außen-

bedingungen von Bedeutung sind (Metcalf et al. 1959).Auch die chlorierten Kohlenwasserstoffe,obwohl sie beständiger als die Phosphorsäure-Ester sind,unterliegen in der Pflanze einer langsamen enzymatischen Oxydation (Cannon &Decker 1958,Lichtenstein & Schulz 1960).Als Ursache für den Schwund des "Pyrolan" scheint somit nur ein allmähliches Verdampfen in Betracht zu kommen.

Der Eiweiß-Gehalt der behandelten Pflanzen zeigt je nach Pyrolan-Dosierung auffällige Unterschiede.Die insektizidwirksame und pflanzenverträgliche Dosierung von $1x10^{-2}$% ruft einen Abfall im Eiweiß-Gehalt pro Blattfläche hervor,der offensichtlich auf einer Förderung der Proteolyse gegenüber der Proteinsynthese beruht,da der lösliche Stickstoff in annähernd gleichem Ausmaße zunimmt und der Gesamt-Stichstoff unverändert bleibt. Ein Einfluß von Ableitungsvorgängen kann hier ausgeschlossen wersen.Die Förderung proteolytischer Vorgänge ist natürlich ein völlig unspezifisches Symptom,was bei vilen Störungen im Stoffwechsel höherer Pflanzen auftritt.Auffällig und bemerkenswert scheint demgegenüber,daß als Nachwirkung einer Behandlung mit höheren Pyrolan-Dosen ($3x10^{-2}$ %) oberhalb der Grenze der Pflanzenverträglichkeit alle Stickstoff-Fraktionen eine nicht unbeträchtliche Zunahme zeigten.Hier handelt es sich offenbar um einen Stimulationseffekt auf die Eiweiß-Synthese, wie sie im Zusammenhang mit einem auch von uns erschlossenen Atmungsanstieg bei Parasitenbefall verschiedentlich beschrieben worden ist.So haben Akazawa & Uritani (1955) und Uritani & Stahmann(1961) bei Befall mit Ceratocystis fimbriata (Süßkartoffeln) im noch nicht infizierten Gewebebereich eine Förderung der Eiweißsynthese festgestellt.Schon Zaleski (1901) hat eine an Sauerstoffgegenwaet gebundene Zunahmen des Eiweiß-Stickstoffs nach Verletzung von Zwiebelgewebe beobachtet. M.J.Naguib (1963/64) beschreibt eine Erhöhung des Eiweißspiegels nach Behandlung mit Benzoesäure;allerdings in Konzentrationsbereichen,die keine sonstigen Schädigungssymptome zeigten.

Die Menge des in den Blättern vorhandenen Gesamt-Phosphates ist bei der pflanzenverträglichen, aber noch insektizidwirksamen Konzentration ($1x10^{-2}$%) deutlich erniedrigt. Hiervon ist insbesondere die Fraktion des anorganischen Phosphates betroffen. Daraus kann man auf eine Hemmung der Phosphataufnahme im Bereich diser Pyrolan-Dosis schließen. Möglicherweise steht auch hier der bei hohem Gesamt-Kohlenhydrat niedrige Gehalt an Stärke in Verbindung. Die Verminderung der Stärkesynthese könnte auf unzureichender ATP-Produktion und damit der Hexokinasetätigkeit beruhen, wie dies von J.&A. Lifert (1963) zur Erklärung des relativ geringen Stärkegehaltes von Weinreben während der Wintermonate angenommen wird. Auch im Falle des Gesamt-Phosphates liegen zwischen der Wirkung des "Pyrolan" in pflanzenverträglicher ($1x10^{-2}$%) und bereits schädigender Konzentration ($3x10^{-2}$%) auffällige Unterschiede vor, die vor allem die Nachwirkungen im Rücksetzversuch betreffen. Während nach Behandlung mit $1x10^{-2}$% die Phosphat-Fraktionen im pyrolanfreien Medium sich wieder allmählich normalisieren, steigt nach vorheriger Behandlung mit $3x10^{-2}$% "Pyrolan" das Gesamt-Phosphat ebenso wie das Eiweiß unter gleichen Bedingungen über den flächenbezogenen Normalwert hinaus an. Offenbar hat die hohe Dosis zu einer Vergrößerung der Zellpermeabilität geführt. Die Folgen der starken Belastung durch die hohe Pyrolan-Konzentration sind also insgesamt hoher Phosphatspiegel, erhöhte Atmung (erschlossen aus der Abnahme des Gesamt-Kohlenhydrates), sowie hoher Eiweiß-Gehalt pro Fläche. Atmungsanstieg und Erhöhung des Phosphat-Spiegels sind auch von Heitefuß & W.H.Fuchs (1962/63) sowie von Allen (1954) beschrieben worden (im Anschluß an Rostbefall).

Während in den bisher erwähnten Kurzzeitversuchen bei pflanzenverträglicher Dosis ($1x10^{-2}$%) das "Pyrolan" nur das Kohlenhydrat zum Ansteigen brachte, sind die im Langzeitversuch unter anhaltender Pyrolaneinwirkung neugebildeten Blätter bei Bezugnahme auf die Fläche auch reicher an Stickstoff, Phosphat und Chlorophyll. Da die Blätter nicht dicker sind, könnte ein Teil dieser Steigerung auf die unter "Pyrolan"

etwas verminderte Blattflächenentwicklung bei gestörter Gesamtproduktion zurückzuführen sein. Wahrscheinlich ist dies jedoch nicht die einzige Ursache.

Ein im Langzeitversuch auffälliges Symptom der Pyrolan-Wirkung ist die Erniedrigung im Anthocyangehalt. Diese stoffwechselphysiologische Abnormität geht völlig zurück, sobald die Pflanzen in Normalbedingungen zurückversetzt werden. Auch hier besteht enge Korrelation zwischen insektizider Wirksamkeit und einer Veränderung des stoffwechselphysiologischen Verhaltens der Pflanze. Die Detung des Anthocyanschwundes, dem eine gleichzeitige Zunahme von Kohlenhydrat, Stickstoff, Phosphat und Chlorophyll entspricht, bedarf einer eingehenden Prüfung. Vielleicht läßt sich eine Beziehung zum Auxinspiegel nachweisen, wie sie Arnold & Albert (1964) an Impatiens balsamina bei Einwirkung des Auxinantagonisten Trijod-benzoesäure (TIBA) beobachteten. Dort, wie auch in unseren Versuchen ging die Hemmung der Anthocyansynthese mit einer reversiblen Störung in der Anlage der Wurzeln einher.

2. Einfluß auf das Wachstum.

Eine von den beobachteten stofflichen Verschiebungen unabhängige Störung des Auxinspiegels wird vor allem durch die Hemmung der Internodienstreckung aufgezeigt. Da der RNS-Gehalt wie derjenige aller anderen untersuchten Komponenten bei der Wachstumshemmung erhöht ist, ist hier jedenfalls nicht mit einer primären Wirkung des "Pyrolan" auf die RNS-Produktion und die Synthese plasmatischen Materials zu rechnen. Da die Wachstumshemmung schon nach kurzfristiger Einwirkung eintritt und auch im Rücksetzversuch unter normalisierten Bedingungen lange bestehen bleibt, dürfte die Wirkung auf das Streckungswachstum das erste nachweisliche Störungssymptom sein, das von "Pyrolan" ausgelöst wird. Tatsächlich wurden Wachstumshemmungen noch bei 3×10^{-3}% "Pyrolan" nachgewiesen; das einzige Symptom also, das jenseits der Grenze insektizidwirksamer Konzentrationen noch faßbar ist. Während in diesem niedrigen Konzentrationsbereich nur die Internodienstreckung betroffen ist, kommt bei der höheren Konzentration

neben der Störung von Wurzelbildung und Wurzelwachstum noch eine Beeinflussung der Zahl der Mitosen während der Blattausbildung hinzu, denn im Unterschied zur Konzentration von $3x10^{-3}$% sind die Blätter bei der Dosis von $1x10^{-2}$% bei gleicher Zellzahl pro Fläche und gleicher durchschnittlicher Zellgröße deutlich kleiner. In diesem Bereich ist die Wachstumsstörung vergleichbar mit den von Ivens & Blackman (1949) beschriebenen Hemmungssymptomen nach Einwirkung von Äthyl-phenylcarbamat (EPC). Vergleichbar scheinen hier auch die Wirkungen, die Beye (1960 a, 1961 a,b) im Kresse Test mit Carbamaten, Phosphorsäure-Estern und chlorierten Kohlenwasserstoffen hervorgerufen hat. Die kombinierte Wirkung von Insektiziden bei höherer Dosierung auf Streckung, Teilung bzw. Wurzelwachstum ist offenbar ein unspezifisches Schädigungssymptom, denn entsprechende Störungskomplexe wurden auch mit "E 605" und "Systox" an höheren und niederen Pflanzen (Algen) beobachtet (Frohberger 1949, Wäckers 1954).

E. Zusammenfassung

1. Es wurde der Einfluß des Carbaminsäure-Esters "Pyrolan" auf die Pflanze geprüft. Nach Wahl einer geeigneten Kulturmethode wurde an Hand verschiedener Konzentrationen der pflanzenverträgliche, aber noch insektizidwirksame Bereich festgestellt ($1x10^{-2}$%). Nur solange in den Blattauszügen "Pyrolan" als wirksam nachgewiesen werden konnte, wurde die Produktionsleistung der Pflanze beeinflußt (Pyrolan-Konzentration $3x10^{-2}$% und $1x10^{-2}$%). Unabhängig von dieser Wirkung greift "Pyrolan" in das Streckungswachstum der Sprosse ein.

2. In Kurzzeitversuchen bis zu 10 Tagen mit $1x10^{-2}$% "Pyrolan" wurden ein Mehrgehalt an Kohlenhydrat/cm^2 und ein Abfall im Eiweiß- und Phosphatgehalt/cm^2 gefunden. Ableitungsstörungen spielten hierbei keine Rolle. Bei Umsetzen in normale Nährlösung trat eine vollständige Erholung der Syntheseschäden ein; "Pyrolan" konnte dann nicht mehr nachgewiesen werden. Nach 30 Tagen waren als Folge der Insektizidbehandlung noch Wachstumsstörungen vorhanden.

Bei Langzeitversuchen über 30 Tage in "Pyrolan" wurde in allen genannten Fraktionen ein hoher Mehrgehalt/cm^2 gefunden. Eine starke Wachstumshemmung und schlechtere Bewurzelung gegenüber den Kontrollpflanzen wurde festgestellt. Der Neuzuwachs zeigte kleinere Blätter (bei gleichbleibender Dicke gegenüber den Kontrollblättern) und eine gestörte Anthocyansynthese.

3. Kurzzeitversuche mit $3x10^{-3}$% "Pyrolan" ergaben keine Beeinflussung der Produktionsleistung der Pflanze. Eine insektizide Wirkung konnte in den Blattauszügen der Pflanze nicht mehr nachgewiesen werden. Blieben die Pflanzen anschließend an eine 2tägige Pyrolan-Behandlung

30 Tage in normaler Nährlösung, so trat eine völlige Erholung der zu Beginn beobachteten Wachstumsstörung ein. Bei 30tägigem Verbleib in "Pyrolan" blieb die Wachstumshemmung konstant. In den Blättern konnte jedoch keine insektizide Wirkung nachgewiesen werden.

4. Die Konzentration von 3×10^{-2} % "Pyrolan" ruft schwere, irreparable Schäden an der Pflanze hervor, die selbst nach Rückstzen in normale Nährlösung in wenigen Tagen zum Absterben der Pflanze führen. Trotz der irreversiblen Schädigung führte hier das Zurücksetzen in normale Nährlösung bei erhöhtem Gesamt-Phosphatgehalt zu einer kurzfristigen Stimulation der Eiweiß-Synthese.

F. Literaturverzeichnis

Allen, P.J.: Physiological aspects of tissue disease of plants, Ann.Rev.Plant Physiol. 5, 225-248, (1954)

Akazawa T./I.Uritani: Respiratory increase and phosphorus and nitrogen metabolism in sweet potato infected with black rot,Nature (Lond.) 176, 1071-1072 (1955)

Arnold,A.W./L.S.Albert: Chemical factors affecting anthocyanin formation and morphogenesis in cultured hypocotyl segments of Impatiens balsamina, Plant Physiol. 39, 307-311 (1964)

Beye, F.: Untersuchungen des Körperlipoidgehaltes sensibler und resistenter Stubenfliegen (Musca domestica L.), Verh.Naturf.Ges.Basel,71, (2), 283-313 (1960)

Beye,F. : Ein Beitrag zur physiologischen Einwirkung von Carbamaten bei Lepidium sativum, Flora 149, 543-565 (1960 a)

Beye, F.: Die Wirkung von Insektiziden unterschiedlicher Formulierung (Spritzpulver und Emulsion) auf das Wachstum der Kressewurzel, Nat.wiss. 47, 500-501 (1960 b)

Beye, F. :Vergleich der pflanzenphysiologischen Wirkungen von Insektizidpräparaten in Modellversuchen, Angew.Bot. 35, 146-153 (1961 a)

Beye, F. :Die Wirkung von Insektiziden auf das Wachstum von Kressewurzeln, Z.Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz, 68, 6-17 (1961 b)

Beye, F. :Die Wirkung von Insektizidemulsionen auf die mit Azeton-Petroläther extrahierbaren Anteile von Coleussprossen, Angew.Bot. 34, 246-258 (1961 c)

Beye, F. :Der Biotestnachweis von Insektiziden in Coleus blumei mit Drosophila melanogaster M. 1. Untersuchungen der Blätter, Stengel und Wurzeln von Hydroponikkulturen bei Applikation von Insektiziden über die Nährlösung, Anz. Schädl.bek. 34, 33-39 (1961 d)

Bonner, J. : The growth and respiration of the avena coleoptile, J.Gen.Physiol. 20, 1-11 (1936)

Bowman, J.S.:Metabolism of systemic insecticide o,o-diethyl -S-ethyl-thiomethyl phosphorodithioate (Thimet) in plants, J.Agrig.Food Chem. 5, 192-197 (1957)

Bombosch,S./H.Huesmann: Zur Reproduzierbarkeit der LT-5o Werte im Drosophila-Test, Nachr.bl.dtsch. Pfl.schutzd. Jahrg.(7), 1o7-11o (Juli 196o)

Cannon, N./G.C.Decker: The conversion of heptachlor to its epoxyd on plants, J.econ.Entom. 51, 3-7 (1958)

Bussler, W.: Die Abhängigkeit der Wurzelbildung vom Bor bei Sonnenblumen, Ztschr. Pfl.Ern., Düng., Bodenk. 91 (136), 1-14 (196o)

Casida, J.E./Augustinsson,K.B./Jonsson, G. : Stability, toxicity, and reaction mecanism with esterases of certain carbamate insecticides, J.econ. Ent. 53, 2o5-212 (196o)

Casida, J.E.: Mode of action of carbamates, Ann.Rev.Entom. 8, 39-58 (1963)

Ceriotti, G.: The use of orcinol-test, J.Biol.Chem. 214, 59-68 (1955)

Comar, C.L./Zscheile, F.P.: Analysis of plant extracts for chlorophyll a + b by a photoelectric spectrophotometric method, Plant Physiol. 17, 198-2o9 (1942)

Eder, F.: Über die Phytotoxizität von Insektiziden, Phytopathol.Z. 47, 129-174 (1963)

Eifert,J. and A.: Maximum of starch during spring in the woody plants, Nature (Lond.) 199, 825-826 (1963)

Friesen,G.: Untersuchungen über die Wirkung des Phenylurethans auf die Samenkeimung und Entwicklung, Planta 8, 666-679 (1929)

Forsyth,F.R./D.J.Samborski: The effect of various methods of braking resistance on stem rust reaction and content of soluble carbohydrate and nitrogen in wheat leaves, Can. J.Bot. 36, 717-723 (1958)

Frohberger, P.E.: Untersuchungen über das Verhalten des Insektizides E 605, Diäthyl-p-nitrophenylthiophosphat, auf und in der lebenden Pflanze, Höfchenbriefe 2, 10-92 (1949)

Fukuto, T.R./J.P.Wolf/R.L.Metcalf III/R.B. March: Identification of the sulfone plant metabolite of the Thiono Isomer of systox, J.econ.Entom. 50, 399-401 (1957)

Gasser,R. : Untersuchungen über selektive Insektizide mit Tiefenwirkung, Trans. Ninth Int. Congr.Ent. 1, 1037-1041 (1952)

Gasser,R. : Über das Verhalten von selektiven Insektiziden mit Tiefenwirkung in der Pflanze, Ber.Schweiz.Bot.Ges. 62, 66-79 (1952)

Getzin,L.W./R.K. Chapman: Effect of soils upon the uptake of systemic insecticides by plants, J.econ.Entom. 52, 1160-1165 (1959)

Gysin, H. : Über einige neue Insektizide, Chemia 8, 205-220 (1954)

Hacskaylo,J. : Growth and fruiting properties and carbohydrate, nitrogen and phosphorus levels on cotton plants as influenced by Thimet, J.econ.Entom. 50, 280-284 (1957)

Healy,M.J.R. : A table of Abbot's correction for natural mortality, The Annuals of Appl. Biol. 39, 211-212 (1952)

Heitefuß,R./W.H.Fuchs : Phosphatstoffwechsel und Sauerstoffaufnahme in Weizenkeimpflanzen nach Infektion mit Puccinia graminis tritici, Phytopathol.Z. 46, 174-198 (1962/63)

Holmes, R. : Silver staining of nerve axons in paraffin sections, Anat. Records 86, 157-187 (1943)

Huesmann,H. :Zur Charakterisierung chlorierter Kohlenwasserstoffe im Drosophila-Test, Z.angew.Zool. 48, 1-29 (1961)

Ivens, G.W./G.E.Blackman: The effects of phenylcarbamates on the growth of the higher plants, Symp. Soc.Exp. Biol. III. , 266-282 (1949)

Johnson,F.H./H.Eyring/M.J.Polissar: The kinetic basis of molecular biology, N.Y., John Wiley, 1954

Kern, H.: Biochemische Untersuchungen an verschiedenen Plasmotypen der Gattung Epilobium (Ein Beitrag zum Problem der Plasmavererbung.) II. Untersuchungen an Nucleinsäuren, Flora 151, 303-313 (1961)

Lefévre,J.: Simultude des actions cytologiques par le phényluréthane et la colchicine sur des plantules végétales, Compt.rent.208,301 (1939)

Lichtenstein, E.P./K.R.Schulz: Insecticide movement in plants: Translocation of some chlorinated hydrocarbon insecticides into areal parts of pea plants, J.Agric.Food Chem. 8, 452-456 (1960)

Meade, J.A.: The effect of isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate on the carbohydrate content of soybean plants, Weeds 6, 66-67 (1958)

Metcalf,R.L./T.R.Fukuto/R.B.March : Plant metabolism of Dithio-Systox and Thimet, J.econ.Entom. 50, 338-345 (1957)

Metcalf,R.L./H.T.Reynolds/T.R.Fukuto : Effects of temperature and plant species upon the rates of metabolism of systematically applied Di-syston, J.econ.Entom. 52, 435-439 (1959)

Mukherjee,K.L./M.Shaw : The physiology of host parasite relations: IX. The effect of shun rust on the phosphate fractions in wheat leaves, Can.J.Bot. 40, 975-985 (1962)

Naguib,M.J. : Effect of benzoic acid and its derivates on plant metabolism: 6. Effect of chlorobenzoic acid derivates on the carbohydrate metabolism of starved and sucrose fed barley leaves, Can.J.Bot. 41, 939-946 (1963)

Naguib,M.J. : Effect of benzoic acid and its derivates on plant metabolism: 8. Effect of chlorobenzoic acid derivates on the nitrogen metabolism of starved and sucrose fed etiolated barley leaves, Can.J.Bot. 42, 197-204 (1964)

O'Brien, R.D.: Toxic phosphorus esters. Chemistry and biological effects. Academic Press XII, 1960

Ogur, N./G.Rosen: The nucleic acids of plant tissues. I. The extraction and estimation of desoxypentose nucleic acid and pentose nucleic acid, Arch. Biochem. 25, 262-276 (1950)

Pirson, A./A.Kuhl: Über den Phosphathaushalt von Hydrodictyon, Arch.Mikrobiol.30, 211-225 (1958)

Rauterberg,E./W.Bussler: Ermittlung der optimalen Nährstoffzusammensetzung für die Pflanze nach Homés, Z.Pflanzenern. 90, 5-18 (1960)

Roe, J.H.: The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent, J.Biol.Chem. 208, 535-343, (1955)

Ruppel, H.-G. : Untersuchungen über die Zusammensetzung von Chlorella bei Synchronisation im Licht-Dunkel-Wechsel, Flora 152, 113-138 (1962)

Schrader,G.: Die Entwicklung neuer insektizider Phosphorsäure-Ester. 3. Aufl., Verlag Chemie, Weinh./Bergstr., 1963

Spencer, E.Y./J.R.Robinson: Metabolism of the systemic insecticide o,o-dimethyl-1-carbometoxy-1-propen-2-yl-phosphate (Phosdrin) in the pea plant, J.Agric. Food Chem. 8, 293-295 (1960)

Templeman,W.G./W.A.Sexton: Effect of some arylcarbamic esters and related compounds upon cereals and other plant species, Nature (Lond.) 156, 630 (1945)

Uritani,I./M.Stahmann: Changes in nitrogen metabolism in sweet potato with black rot, Plant Physiol. 36, 770-782 (1961)

Wäckers,R.W.: Untersuchungen über die pflanzenphysiologische Wirksamkeit des systemischen Insektizides Systox, Höfchenbriefe 7, 101-105 (1954)

Warburg,O. : Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen, Biochem.Z. 100, 230-270 (1919)

Wiesmann,R./R.Gasser/H.Grob: Über ein neuartiges selektives Insektizid mit Tiefenwirkung, Experientia 7, 117-120 (1951)

Zaleski,W. : Beiträge zur Kenntnis der Eiweißbildung in den Pflanzen, Ber.dtscn.bot.Ges. 19, 331-339 (1901)

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. André Pirson, danke ich für die Überlassung des Themas und für sein stetes Interesse am Fortgang der Arbeit. Herrn Prof. Dr. W.H. Fuchs danke ich für anregende Diskussionen und für sein Interesse an dieser Arbeit. Bei der Durchführung der Fliegentest-Versuche beriet mich Herr Dr. Hellenbrand. Die Versuchsräume stellte Herr Prof. Dr. W.H. Fuchs zur Verfügung. Beiden sei an dieser Stelle freundlichst gedankt.

Der Fa. J.R. Geigy A.G. Basel, Schweiz, bin ich für die freundliche Überlassung der Aktivsubstanz "Pyrolan", den Herren Dr. Gasser, Dr. Gysin, Dr. Knüsli und Dr. Spindler für Literaturhinweise zu Dank verpflichtet. Herrn Prof. Dr. Casida (Berkeley, USA) danke ich für die Einsicht in seine Versuchsprotokolle.

Herrn Dr. Beye (Universität Freiburg/Breisgau) danke ich für die freundliche Überlassung der Ausgangspflanzen und anregende Diskussionen; Herrn Dr. Bussler (Technische Universität Berlin) danke ich für freundliche Ratschläge bei Nährlösungsfragen und Herrn Versuchsgärtner Lange für die Anzucht der Versuchspflanzen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für apparative Unterstützung gedankt.

L e b e n s l a u f

Am 16. Oktober 1936 wurde ich als Sohn des Textil- u. Chemotechnikers Gerhard Strauß und seiner Ehefrau Else, geb. Müller in Chemnitz geboren. Von 1942-1955 besuchte ich die Grund- und Oberschule und bestand 1955 in Berlin-Schöneberg mein Abitur. Im WS 1955/56 begann ich an der Freien Universität in Berlin-Dahlem mit dem Studium der Biologie und Chemie und legte dort im WS 1958/59 mein Vordiplom in den Fächern Botanik, Zoologie, Chemie und Physik ab. An der Universität Göttingen schrieb ich mich im SS 1960 ein und nahm Phytopathologie als weiteres Fach hinzu.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren Drawert, Eckardt, Günther, Herter, Jahr, Lassen, Lautsch, Lüers, Rauterberg, Ulrich und Werdermann in Berlin, sowie die Herren Professoren Brockmann, Fuchs und Pirson in Göttingen.

Xerografie-Druck
Chemoprint OHG
Gießen